

AC

(19) 【発行国】 日本国特許庁 (JP)

(19) [Publication Office] Japanese Patent Office (JP)

(12) 【公報種別】 公開特許公報 (A)

(12) [Kind of Document] Japan Unexamined Patent Publication (A)

(11) 【公開番号】 特開平 11-133253

(11) [Publication Number of Unexamined Application] Japan Unexamined Patent Publication Hei 11-133253

(43) [Publication Date of Unexamined Application] 1999 (1999) May 21 day

(51) 【国際特許分類第 6 版】 G02B 6/12

(34) [Title of Invention] ARRAY WAVEGUIDE TYPE WAVELENGTH DIVIDER/COUPLER

(51) [International Patent Classification 6th Edition] G02B 6/12

[FI] G02B 6/12 F

【審査請求】 未請求

[Request for Examination] Examination not requested

【請求項の数】 3

[Number of Claims] 3

[Form of Application] OL

【全頁数】 6

[Number of Pages in Document] 6

(21) 【出願番号】 特願 9-301468

(21) [Application Number] Japan Patent Application Hei 9-301468

(22) [Application Date] 1997 (1997) November 4 day

(71) 【出願人】

(71) [Applicant]

【識別番号】 000004226

[Applicant Code] 000004226

[Name] NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP. (NTT)
(DB 69-062-6718)

[Address] Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 高橋 浩

[Name] Takahashi Hiroshi

日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2
Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) [Inventor]

【氏名】 井上 靖之

[Name] Inoue Yasuyuki

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 19 番 2 号
日本電信電話株式会社内[Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2
Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-

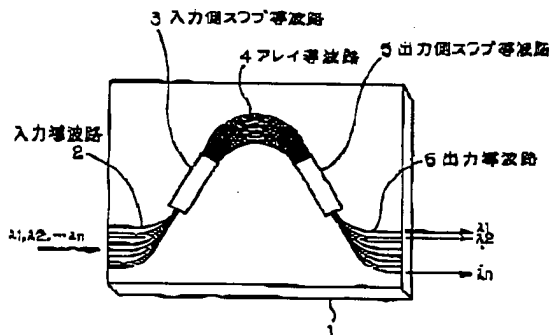
(74) 【代理人】

【弁理士】

(57) 【要約】

【課題】 蛇行を抑制することにより、波長精度が高く、またクロストークの低いアレイ導波路型波長合分波器を実現することを目的とする。

【解決手段】 基板上 1 に作製された 1 つあるいは複数の入力導波路 2、第 1 のスラブ導波路 3、長さの異なる複数の導波路から構成されるアレイ導波路 4、第 2 のスラブ導波路 5、複数の出力導波路 6 から構成され、前記スラブ導波路 3、6 との接続部においてマルチモードの電界分布を有する導波路が用いられているアレイ導波路型波長合分波器において、前記入力導波路 2 と第 1 のスラブ導波路 3、及び前記出力導波路 6 と第 2 のスラブ導波路 5 の間にモード安定化導波路 8 が挿入されていることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に作製された 1 つあるいは複数の入力導波路、第 1 のスラブ導波路、長さの異なる複数の導波路から構成されるアレイ導波路、第 2 のスラブ導波路、1 つあるいは複数の出力導波路から構成され、前記スラブ導波路との接続部においてマルチモードの電界分布を有する導波路が用いられているアレイ導波路型波長合分波器において、前記入力導波路と第 1 のスラブ導波路、及び前記出力導波路と第 2 のスラブ導波路の間にモード安定化導波路が挿入されていることを特徴とするアレイ導波路型波長合分波器。

6718)

(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

[Patent Attorney]

(57) [Abstract]

[Problem] wavelength precision is high by controlling serpentine, it designates that the array waveguide type wavelength divider/coupler where in addition crosstalk is low is actualized as the objective.

[Means of Solution] Is produced in 1 on substrate input waveguide 2 of one or the multiple which, first slab waveguide 3, it is constituted from waveguide of multiple where length differs the array waveguide 4, it is constituted from output waveguide 6 of second slab waveguide 5 and multiple, it designates that mode stabilization waveguide 8 is inserted in front entry power waveguide 2 and first slab waveguide 3, and aforementioned output waveguide 6 and between second slab waveguide 5 in array waveguide type wavelength divider/coupler where the waveguide which possesses electric field distribution of multiple modes in connector of the aforementioned slab waveguide 3, 5 is used, as feature.

[Claim(s)]

[Claim 1] Is produced on substrate input waveguide of one or multiple which, first slab waveguide, it is constituted from waveguide of multiple where length differs the array waveguide, second slab waveguide, array waveguide type wavelength divider/coupler which designates that mode stabilization waveguide is inserted in front entry power waveguide and first slab waveguide, the and aforementioned output waveguide and between second slab waveguide in the array waveguide type wavelength divider/coupler where waveguide which is constituted from output waveguide of one or multiple, possesses electric field distribution of multiple modes in the

【請求項2】 基板上に作製された1つあるいは複数の入力導波路、第1のスラブ導波路、長さの異なる複数の導波路から構成されるアレイ導波路、第2のスラブ導波路、1つあるいは複数の出力導波路から構成され、前記スラブ導波路との接続部においてマルチモードの電界分布を有する導波路が用いられているアレイ導波路型波長合分波器において、前記アレイ導波路群を構成する導波路端にモード安定化導波路が付加されていることを特徴とするアレイ導波路型波長合分波器。

【請求項3】 前記モード安定化導波路が、単一モード条件を満たすように導波路幅または導波路厚さ若しくは両方を小さくした直線導波路であることを特徴とする請求項1又は2記載のアレイ導波路型波長合分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、アレイ導波路型波長合分波器に関する。詳しくは、波長多重光通信あるいは光信号処理などの分野で用いられる導波路型集積光部品、特にアレイ導波路型波長合分波器の特性向上に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 波長の異なる複数の光信号を同時に伝送する波長多重光通信においては、波長の異なる光を合波あるいは分波する波長合分波器が重要なデバイスである。その中でも平面基板上の光導波路で構成されるアレイ導波路回折格子を用いた波長合分波器（以下、アレイ導波路型波長合分波器と略す）は、実用的なデバイスとして注目されている。

【0003】 図1にアレイ導波路型波長合分波器の構成を示す。同図に示すように、基板1上で、入力導波路2、入力側スラブ導波路3、アレイ導波路4、出力側スラブ導波路5、出力導波路6が順に接続されている。光ファイバなどを通じて外部より入力導波路に入力された光は、入力側スラブ導波路3内で回折により広がリアレイ

connector of aforementioned slab waveguide is used, as feature.

[Claim 2] Is produced on substrate input waveguide of one or multiple which, first slab waveguide, it is constituted from waveguide of multiple where length differs the array waveguide, array waveguide type wavelength divider/coupler which designates that mode stabilization waveguide is added to waveguide edge which forms aforementioned array waveguide group in array waveguide type wavelength divider/coupler where waveguide which second slab waveguide, is constituted one or multiple from output waveguide, possesses the electric field distribution of multiple modes in connector of aforementioned slab waveguide is used, as feature.

[Claim 3] In order aforementioned mode stabilization waveguide, to fill up the single mode condition, array waveguide type wavelength divider/coupler which is stated in Claim 1 or 2 which designates that it is a straight line waveguide which makes waveguide width or waveguide thickness or the both small as feature.

【Description of the Invention】

【0001】

【Technological Field of Invention】 This invention regards array waveguide type wavelength divider/coupler. As for details, waveguide type accumulation optical component which is used with the wavelength large amount optical communication or optical signal processing or other field, it is something regarding property improvement of the especially array waveguide type wavelength divider/coupler.

【0002】

【Prior Art】 Light where wavelength differs light signal of plural where the wavelength differs simultaneously regarding wavelength multiple optical communication which transmission is done, combination wave or it is a device where wavelength divider/coupler which the amount wave is done is important. wavelength divider/coupler (Below, array waveguide type wavelength divider/coupler you abbreviate.) which uses array waveguide diffraction grating which even among those is formed with optical waveguide on plane substrate is observed as practical device.

【0003】 Constitution of array waveguide type wavelength divider/coupler is shown in Figure 1. As shown in same Figure, on substrate 1, input waveguide 2, input side slab waveguide 3, the array waveguide 4, output side slab waveguide 5 and output waveguide 6 are connected to order. From outside inside input side slab waveguide 3 incidence it does light which is inputted

導波路 4 を構成する複数の導波路に入射する。

【0004】入力光はアレイ導波路 4 を伝搬したのち、出力側スラブ導波路 5 に達する。複数の導波路からの放射光はお互いに干渉し、出力側スラブ導波路 5 と出力導波路 6 の接続部付近に集光し、複数の出力導波路 6 のいずれかに入射し、基板端へと導かれる。アレイ導波路 4 を構成する導波路間の長さの差により生じた位相差により集光する位置は波長によって異なるので、入力導波路から波長多重光を入力すると、結果的に、波長ごとに異なる出力導波路 6 から出力される（分波される）。

【0005】上記説明のように、アレイ導波路型波長合成分波器は古くから知られた回折格子を用いた分光計と同様の動作を、平面基板上にフォトリソグラフィを用いて一括作製される光導波路を用いて実現するものであり、小型で、大量生産性に富み、波長多重通信の波長合成分波器として有望視されている（特開平 2-244105 号公報）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のアレイ導波路型波長合成分波器には各出力導波路 6 から出力される光の波長が設計値からずれるという問題点があった。以下、その詳細を図 6 に示す出力側スラブ導波路 5 と出力導波路 6 の接続部付近の拡大図を用いて説明する。

【0007】出力側スラブ導波路 5 と出力導波路 6 の間にはテーパ導波路 7、直線導波路 11 が挿入されている。テーパ導波路 7 は受光領域拡大のため、直線導波路は図 1 に示すような導波路配置にするための長さ調整の役割を持っている。

【0008】さて、先に説明したように、アレイ導波路 4 から放射された光 12 は出力側スラブ導波路 5 内で集光し、集光位置が波長とともに移動する。その移動量は波長変化量に比例し、単位波長変化当たりの移動量は線分散と呼ばれる。例えば、線分散が $20 \mu\text{m}/1 \text{ nm}$ と仮定した場合、テーパ導波路 7 の間隔を $20 \mu\text{m}$ とすれば、波長間隔が 1 nm の波長合成分波器を作製することが

into input waveguide, in waveguide of plural which form the spreading array waveguide 4 due to diffraction via optical fiber etc.

[0004] Input light propagation after doing array waveguide 4, reaches to output side slab waveguide 5. irradiated light from waveguide of plural interferes mutually, light collection does in connector vicinity of output side slab waveguide 5 and output waveguide 6. incidence does in the any of output waveguide 6 which is plural is led to with the substrate edge. Depending upon phase shift which it occurs due to difference of the length between waveguide which forms array waveguide 4 because position where light collection it does differs depending upon wavelength, when wavelength multiple light is inputted from input waveguide, in resulting, (Amount wave it is done.) which is outputted from output waveguide 6 which differs every wavelength.

[0005] As in above-mentioned explanation, array waveguide type wavelength divider/coupler for a long time the operation which is similar to spectrometer which uses diffraction grating which is known, is something which is actualized making use of optical waveguide which it is lumped together is produced making use of photolithography on the plane substrate, with miniature, it is rich to mass productivity, it is considered promising as wavelength divider/coupler for wavelength multiple communication, (Japan Unexamined Patent Publication Hei 2-244105 disclosure).

[0006]

[Problems to be Solved by the Invention] But, there was a problem that in conventional array waveguide type wavelength divider/coupler light wavelength which is outputted from each output waveguide 6 slips from design number. You explain below, making use of expanded view of connector vicinity of the output side slab waveguide 5 and output waveguide 6 which show details in Figure 6.

[0007] Taper waveguide 7 and straight line waveguide 11 are inserted between output side slab waveguide 5 and output waveguide 6. As for taper waveguide 7 for incident light domain enlargement, as for straight line waveguide, it has the role of length adjustment in order to make waveguide kind of arrangement which is shown in Figure 1.

[0008] Well, as explained first, light collection it does optical 12 which is emitted from array waveguide 4 inside output side slab waveguide 5, light collection position moves with the wavelength. amount of movement is proportionate to wavelength change in amount, amount of movement per unit wavelength change is called linear part scattering. When for example linear part scattering $20 \mu\text{m}/1 \text{ nm}$ and supposition it

できる。

【0009】ところが、我々は実験により、実際にはテーパ導波路7の出力端の中心にビームが集光する場合よりも、若干ずれたところで集光する場合の方が、出力導波路6への光の導波が良好な場合があることを思いだした。これは、図中に示した導波光の伝搬軌跡13に示すように、テーパ導波路7、直線導波路11を蛇行して伝搬するほうが、曲がっている出力導波路6へ効率的に導かれるからである。

【0010】なお、光導波路の伝搬モード理論からするとここで示した伝搬軌跡13は的確な表現方法ではないが、現象を説明する都合上、理解しやすい表現なので、この方法を用いた。出力導波路6の配置上、蛇行が発生する直線導波路11の長さが異なるので、テーパ導波路7中心と伝搬光強度ピークのずれ（図中の δx ）は一定でない。

【0011】ビーム伝搬法を用いて計算したところ、直線導波路11の長さにより、 δx は $-0.7 \mu\text{m}$ から $0.7 \mu\text{m}$ 変動することが確認されている。この場合、線分散から逆算すると、 $\pm 0.7 \mu\text{m}$ の位置ずれは $\pm 0.035 \text{ nm}$ の波長誤差となり、高い波長精度が要求される波長多重光通信では使用できない場合がある。

【0012】また、蛇行の影響はアレイ導波路4の出口付近でも現れる。アレイ導波路4を構成する個々の導波路と出力側スラブ導波路5の間には図6中のテーパ導波路7と同様の形状のテーパ導波路が、アレイ導波路4の回折効率を向上させるために用いられている。アレイ導波路4を構成する導波路を伝搬してきた光がテーパ導波路7内で蛇行し、光の強度ピークがテーパの中心からずれる。

【0013】従って、アレイ導波路4から出力側スラブ導波路5に放射される光の間隔が本来等間隔であるべきところが、不等間隔になることになる。アレイ導波路4の分光原理は一般の回折格子と同様であり、不等間隔になると回折格子としての特性が劣化し、波長分散器のクロストークを増加させる結果となる。

【0014】この蛇行現象はテーパ導波路7と出力導波路6の間にある直線導波路を0次モード以外のモードも

does, if interval of the taper waveguide 7 is designated as 20 m , wavelength interval can produce wavelength divider/coupler of 1 nm .

[0009] However, as for us being a place where it slips somewhat in comparison with when beam light collection does to fact in center of output terminal of taper waveguide 7 with experiment, when light collection it does, you discovered the fact that it is times when wave conduction of light to output waveguide 6 is satisfactory. Because as for this, as shown in propagation trajectory 13 of wave conduction light which is shown in the diagram, serpentine doing taper waveguide 7 and straight line waveguide 11, on which propagation it does, is led to efficient to output waveguide 6 which is bent.

[0010] Furthermore, from point of view of propagation mode theory of optical waveguide the propagation trajectory 13 which is shown here is not precise expression method. In regard to circumstances which explain phenomenon, because it is an expression which it is easy to understand, this method was used. Because in regard to arrangement of output waveguide 6, length of the straight line waveguide 11 where serpentine occurs differs, gap (x of in the diagram) of taper waveguide 7 center and the propagated light strength peak is not fixed.

[0011] When it calculated making use of beam propagation method, as for x the 0.7 m it is verified from -0.7 m by length of straight line waveguide 11, that it fluctuates. In this case, when opposite calculation it does from linear part scattering, with wavelength multiple optical communication where wavelength precision where positional deviation of $\pm 0.7 \text{ m}$ becomes the wavelength error of $\pm 0.035 \text{ nm}$, is high is required there are times when you cannot use.

[0012] In addition, influence of serpentine appears even with outlet vicinity of the array waveguide 4. taper waveguide of shape which is similar to taper waveguide 7 in Figure 6, has been used diffraction efficiency of array waveguide 4 to individual waveguide and between the output side slab waveguide 5 array waveguide 4 is formed in order to improve. Light which waveguide which forms array waveguide 4 propagation is done inside taper waveguide 7, serpentine it does, light intensity peak slips from center of the taper.

[0013] Therefore, spacing of light which from array waveguide 4 is emitted in the output side slab waveguide 5 originally place where it should be a equal spacing, means to become unequal spacing. When spectrum principle of array waveguide 4 is similar to general diffraction grating, it becomes unequal spacing, characteristic as diffraction grating deteriorates, crosstalk of the wavelength divider/coupler becomes result which increases.

[0014] This serpentine phenomenon straight line waveguide which is to between taper waveguide 7 and output waveguide 6

伝搬することに由来する。すなわち、0次モードとそれ以外のモードが伝搬するので、その干渉により等価的に強度ビークの形成が進行するのである。

【0015】0次モード以外のモードとしては、導波路が単一モード条件を満たしていない場合の高次モード（1次以上）、また、導波路が単一モード条件を満たしている場合においても、導波路コアにまたわりつく様な形で、短い距離の間のみ部分的に存在できるモード（散逸モードあるいはクラッドモードと呼ばれる）がある。

【0016】このような蛇行現象を抑制するには、スラブ導波路及びテーパ導波路7を除くすべての導波路を単一モード導波路とし、かつ、放射モードが0次モードから十分離れるようにテーパ導波路7と出力導波路6の間にある直線導波路を十分長くする方法が考えられる。しかし、単一モード導波路では導波路コアとクラッド境界における0次モードの電界が強いので、導波路コアの側壁の凸凹により生じる散乱損失が増加し、波長合分波器の挿入損失が増大する欠点がある。

【００１７】以上、説明したように、従来のアレイ導波路型波長合分波器においては、テーパ導波路７での光の蛇行により、特性が劣化する問題点があった。本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであり、蛇行を抑制することにより、波長精度が高く、またクロストークの低いアレイ導波路型波長合分波器を実現することを目的とする。

[0018]

【課題を解決するための手段】上記目的を実現するため、本発明は、テーパ導波路についてモード安定化領域を設けることを特徴とするものである。具体的には、幅の狭い直線導波路（以後、モード安定化導波路と呼ぶ）をテーパ導波路に接続するのである。

【００１９】〔作用〕上述したモード安定化回路では導波路幅が狭いため、高次モードは伝搬できず、また、放射モードも短距離で０次モードから分離するので、蛇行が抑制され前記テーパー導波路端における光の強度ピークがテーパー導波路の中心と一致する。

【0020】また、蛇行が発生する部分のみ導波路幅を狭くし、その他の導波路は従来と同様の太さとしている

mode other than zero order mode derives in propagation doing. Because namely, zero order mode mode other than that does propagation, trajectory of strength peak serpentine does in equivalent with interference.

[0015] As mode other than zero order mode, higher order mode when waveguide has not filled up single mode condition (Or more of primary), in addition, when waveguide has filled up the single mode condition in, in kind of form which is attached, only between of short distance partially is a mode (It is called emission mode or cladding mode.) which it can exist in waveguide core.

[0016] This kind of serpentine phenomenon is controlled, all waveguide which exclude slab waveguide and the taper waveguide 7 are designated as single mode waveguide. At the same time, in order for the emission mode to leave from zero order mode sufficiently, is made the very long method which can think of straight line waveguide which is between the taper waveguide 7 and output waveguide 6. But, with single mode waveguide because electric field of zero order mode in waveguide core and the cladding boundary is strong, scattering loss which it occurs due to unevenness of the side wall of waveguide core increases, there is a deficiency which insertion loss of the wavelength divider/coupler increases.

[0017] As above, explained, with taper waveguide 7 there was a problem where characteristic deteriorates with serpentine of light, regarding conventional array waveguide type wavelength divider/coupler. As for this invention, considering to above-mentioned Prior Art, it is something which you can do, wavelength precision is high by controlling serpentine, it designates that array waveguide type wavelength divider/coupler where in addition crosstalk is low is actualized as object.

[0018]

[Means to Solve the Problems] In order to actualize above-mentioned objective, this invention, following the taper waveguide, is something which designates that it provides a mode stabilization region as a feature. straight line waveguide (From now on, mode stabilization waveguide it calls) where concretely, width is narrow is connected to the taper waveguide.

[0019] [Action] Because with mode stabilization waveguide which description above is done waveguide width is narrow, higher order mode propagation not to be possible, in addition, because it separates also emission mode from the zero order mode with short distance, serpentine is controlled and light intensity peak in aforementioned taper waveguide edge agrees with center of taper waveguide.

[0020] In addition, only portion where serpentine occurs makes waveguide width narrow, as for other waveguide because it has

ため、上述したコア側壁での散乱による挿入損失の増加は見られない。従って、本手段を用いることにより、上述の波長誤差がなくなり、またクロストークが低減され、実用性の高いアレイ導波路型波長合分波器を作製することが可能となる。

[0021]

【発明の実施の形態】以下、本発明について、図面に示す実施例を参照して詳細に説明する。

【実施例1】図1は第1及び第2の実施例に共通するアレイ導波路型波長合分波器の概略図である。図1に示すように、シリコン基板1上に、火炎加水分解堆積法及び反応性イオンエッチングにより形成された石英系ガラス導波路を用いて、導波路パターンを構成した。2は入力導波路、3は入力側スラブ導波路、4はアレイ導波路、5は出力側スラブ導波路、6は出力導波路である。

【0022】図に示すように、入力導波路2の内の1本から入力された波長多光束は、先に述べたアレイ導波路4の分光作用により、分送されて別々の出力導波路6から取り出される。導波路コアの厚さは6 μm 、入力導波路2、アレイ導波路4、出力導波路6の幅は7 μm とした。導波路コアとクラッドの屈折率の差は0.75%である。

【0023】この寸法では導波路はシングルモード条件を満たしていないが、これは先に述べたように、導波路の散乱損失を低減させるためである。図2は第1の実施例の特徴を説明するための、出力側スラブ導波路5と出力導波路6との接続部付近の拡大図である。線分散を20 $\mu\text{m}/1\text{nm}$ 、波長間隔を1 nm と設計しているので、テーパ導波路7の間隔は20 μm である。テーパ導波路7と出力導波路6との間に、幅の狭いモード安定化導波路8が設けられている。

【0024】導波路幅は4 μm であり、また、長さは500 μm 程度とした。つまり、この部分のみシングルモード条件を満たし、また放射モードが分離するのに十分な長さを有している。また、良く知られているように曲線導波路においては、伝搬光の強度ピークが導波路の中心より0.4 μm 程度外側にずれることから、その分を見込んで出力導波路6とモード安定化導波路8の中心を0.4 μm ずらして、光がスムーズに接続部を通過するように配座がなされている。

made similar thickness until recently, increase of insertion loss with scattering in core side wall which description above is done is not seen. Therefore, it depends on using this means, above-mentioned wavelength error is gone, in addition crosstalk is decreased, it becomes possible to produce array waveguide type wavelength divider/coupler where practicality is high.

[0021]

[Embodiment of Invention] Below, concerning this invention, referring to Working Example which is shown in the drawing, you explain in detail.

[Working Example 1] Figure 1 is conceptual diagram of array waveguide type wavelength divider/coupler which is in common to the 1st and 2nd Working Example. As shown in Figure 1, on silicon substrate 1, waveguide pattern was formed making use of quartz-based glass waveguide which was formed by flame hydrolysis deposition technique and reactive ion etching. As for 2 input waveguide, as for 3 as for input side slab waveguide and 4 as for array waveguide and 5 as for output side slab waveguide and the 6 it is an output waveguide.

[0022] As shown in figure, wavelength multiple light which main power is done the amount wave being done by spectrum action of array waveguide 4 which is expressed before, is removed from separate output waveguide 6 from the among input waveguide 2. As for thickness of waveguide core 6 μm and input waveguide 2, as for the width of array waveguide 4 and output waveguide 6 it made 7 μm . Difference of index of refraction of waveguide core and cladding is 0.75 %.

[0023] With this dimension as for waveguide single mode condition is not filled up. This as expressed before, is in order to decrease scattering loss of the waveguide. Figure 2 is, expanded view of connector vicinity of output side slab waveguide 5 and output waveguide 6 in order to explain feature of first Working Example. Because linear part scattering 20 $\mu\text{m}/1\text{nm}$ and wavelength interval are designed the 1 nm , interval of taper waveguide 7 is 20 μm . With taper waveguide 7 and output waveguide 6, mode stabilization waveguide 8 where width is narrow is provided.

[0024] Waveguide width was 4 μm , in addition, length made 500 μm extent. In other words, only this portion fills up single mode condition, has possessed the sufficient length because in addition emission mode separates. In addition, in order to be known well, regarding curve waveguide, 0.4 μm shifting center of output waveguide 6 and mode stabilization waveguide 8 strength peak of propagated light from fact that it slips in 0.4 μm extent outside, in anticipation of that much from center of waveguide, in order for light to pass smoothly connector, consideration has done.

[0025] 図3(a)に作製した波長合分波器の中の4つの出力導波路6から得られる光の透過率と波長の関係(スペクトル)を測定した結果を示す。設計では4つの透過波長を1551 nm, 1552 nm, 1553 nm, 1554 nmとしたが、設計通りの波長が得られている。図3(b)は、比較のため、同一の設計でモード安定化導波路8が無い従来の波長合分波器のスペクトルを測定した結果であり、出力導波路6の間隔が等間隔であるにも関わらず、波長間隔は等間隔でなく、設計値からもずれている。

[0026] 両者を比較して明らかなように、蛇行を抑制することで、設計通りの出力波長が得られ、本発明の有効性を確認できた。

[実施例2] 図4は第2の実施例の特徴を説明するための、アレイ導波路4と出力側スラブ導波路5の接続部付近の拡大図である。なお、波長合分波器全体の導波路レイアウト、導波路の寸法、作製法は第1の実施例と同様である。

[0027] テーパー導波路9の間隔は15 μ mである。テーパー導波路9と、アレイ導波路4を構成する導波路4の間にモード安定化導波路10が設けられている。第1の実施例と同様にモード安定化導波路10の幅は4 μ m、長さは500 μ m程度とした。図5に作製した波長合分波器の1つの出力導波路6から得られる光のスペクトルの測定結果を示す。

[0028] また、同グラフには、従来の波長合分波器のスペクトルも同時にプロットしてある。本実施例の波長合分波器ではクロストーク(透過波長での透過率に対する透過波長帯外での透過率の比)は-41 dBであり、極めてクロストークの低い特性が得られている。これに対し、従来の波長合分波器ではクロストークは30 dB程度であり、蛇行の影響により10 dBも悪いことがわかる。この結果が示すように、アレイ導波路4出口付近での蛇行を抑制することによりクロストークを低減でき、本発明の有効性を確認できた。

[0029] なお、本発明の2つの実施例においては、出力導波路及びアレイ導波路の出力側にモード安定化導波路を配置したが、光の可逆性を考えれば、入力導波路2と入力側スラブ導波路との間、アレイ導波路の入力側にも同様のモード安定化導波路を配置すれば、その効果が倍増することは自明である。また、実施例1と実施例

[0025] Transmittance of light which is acquired from output waveguide 6 of the 4 in wavelength divider/coupler which is produced in Figure 3 (a) and result of measuring related (spectrum) of wavelength are shown. In design transmitted wavelength of 4 was designated as 1551 nm, 1552 nm, 1553 nm, 1554 nm, but the wavelength of according to design is acquired. Figure 3 (b), for comparing, is result of measuring spectrum of the conventional wavelength divider/coupler which does not have mode stabilization waveguide 8 in same design, interval of output waveguide 6 is equal spacing of as for the wavelength interval not to be a equal spacing, has slipped even from design number in spite.

[0026] Comparing both, in order to be clear, output wavelength of according to the design could be acquired by fact that you control serpentine, could verify effectiveness of this invention.

[Working Example 2] Figure 4 is, array waveguide 4 in order to explain feature of second Working Example and expanded view of connector vicinity of output side slab waveguide 5. Furthermore, waveguide layout of wavelength divider/coupler entirety, dimension of waveguide, the production method is similar to first Working Example.

[0027] Interval of taper waveguide 9 is 15 μ m. mode stabilization waveguide 10 is provided between waveguide 4 which forms taper waveguide 9 and array waveguide 4. As for width of mode stabilization waveguide 10 as for 4 μ m and the length it made 500 μ m extent in same way as first Working Example. measurement result of spectrum of light which is acquired from output waveguide 6 of one of wavelength divider/coupler which is produced in Figure 5 is shown.

[0028] In addition, spectrum of conventional wavelength divider/coupler plot it is done, simultaneously to same graph. With wavelength divider/coupler of this working example as for crosstalk (For transmittance with transmitted wavelength ratio of transmittance outside transmitted wavelength band) it is a -41 dB, the characteristic where quite crosstalk is low is acquired. Vis-a-vis this, with conventional wavelength divider/coupler as for crosstalk it is a 30 dB extent, it understands that also 10 dB is bad with influence of the serpentine. As result shows, be able to decrease crosstalk by controlling the serpentine with array waveguide 4 outlet vicinity, effectiveness of this invention could be verified.

[0029] Furthermore, mode stabilization waveguide was arranged in output waveguide and output side of array waveguide regarding 2 Working Example of this invention, but if of reversibility of light is thought, if with input waveguide 2 and the input side slab waveguide, similar mode stabilization waveguide into also input side of array waveguide is arranged, it is self-

2を併用すれば、波長精度の向上とクロストークの低減の両方が同時に実現されることも自明である。

【0030】さらにつけ加えれば、導波路コア幅の狭い導波路としたが、導波路コアの高さを低くしても同様の結果が得られる。また、導波路材料として火炎加水分解堆積法により作製される石英系ガラス、基板としてシリコン基板を使用した。本発明の主旨に従えば、別な材料を用いても同様の効果が得られることは明らかである。

【0031】なお、上記実施例ではスラブ導波路との接続部にテーパ導波路が用いられている場合について説明したが、本発明の基本概念からすれば、テーパ以外の形状を有する導波路。例えば、パラボラ型導波路、マルチモード干渉型導波路、Y分岐型導波路など、スラブ導波路との接続部においてマルチモードの電界分布を有するあらゆる形状の導波路に対しても、同様の効果が得られるのは当然である。

【0032】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明では、光が導波路を蛇行して伝搬する現象が波長合成分波器の波長精度とクロストークを劣化させることを発見し、その対策として、蛇行を抑制するためのモード安定化導波路を配置することにより、波長精度が高く、またクロストークの低いアレイ導波路型波長合成分波器を挿入損失の増加なく実現している。モード安定化の手段としては導波路幅を狭くするという極めて簡単な方法を用いており、これは導波路パターンを作製する際に使用するフォトリソの設計の段階での作業だけであり、本発明に従えば、製造コストの増加は全くなく高性能な波長合成分波器を提供でき、波長多重通信及び光信号処理の分野において多大な効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】アレイ導波路型波長合成分波器の全体概略図である。

【図2】本発明の第1の実施例を説明するための、出力導波路と出力側スラブ導波路との接続部付近の拡大図である。

explanatory for effect to be double. In addition, if Working Example 1 and Working Example 2 are jointly used, also it is self-explanatory for both of decrease of improvement and the crosstalk of wavelength precision to be actualized simultaneously.

[0030] Furthermore if it adds, it made waveguide where waveguide core width is narrow, but making height of waveguide core low, similar result is acquired. In addition, as waveguide material silicon substrate was used as quartz-based glass and the substrate which are produced by flame hydrolysis deposition technique, but if you follow gist of this invention, it is clear for similar effect to be acquired making use of another material.

[0031] Furthermore, You explained with above-mentioned Working Example concerning when taper waveguide is used for connector of slab waveguide, but, If it does from basic concept of this invention, vis-a-vis waveguide of all geometry which possess electric field distribution of multiple modes in, connector of slab waveguide such as waveguide, for example parabolic type waveguide, multiple modes interference type waveguide and Y branched type waveguide which possess geometry other than taper, it is similar for similar effect to be acquired.

[0032]

[Effects of the Invention] Or more. As explained concretely on basis of Working Example, With this invention, light serpentine doing waveguide, phenomenon which the propagation is done wavelength precision and crosstalk of wavelength divider/coupler fact that it deteriorates is discovered, wavelength precision is high by arranging mode stabilization waveguide in order to control serpentine as countermeasure, the array waveguide type wavelength divider/coupler where in addition crosstalk is low is actualized without increase of insertion loss. Using quite simple method that makes waveguide width narrow, as means of mode stabilization to be, If this when producing waveguide pattern, is just job with step of the design of photomask which is used and you follow this invention, there is not increase of production cost completely and be able to offer high performance wavelength divider/coupler, it can expect great effect in field of wavelength multiple communication and optical signal processing.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1] It is an entirety conceptual diagram of array waveguide type wavelength divider/coupler.

[Figure 2] It is, an expanded view of connector vicinity of output waveguide and output side slab waveguide 5 in order to explain first Working Example of this invention.

【図3】図3(a)は本発明の第1の実施例である波長合分波器の透過率スペクトルを示すグラフ、図3(b)は従来の技術で設計された波長合分波器の透過率スペクトルを示すグラフである。

【図4】本発明の第2の実施例を説明するための、アレイ導波路と出力側スラブ導波路との接続部付近の拡大図である。

【図5】本発明の第2の実施例である波長合分波器及び従来の技術で設計された波長合分波器における1つの出力導波路に対する透過率スペクトルを示すグラフである。

【図6】従来の技術で設計された波長合分波器の出力側スラブ導波路と出力導波路との接続部付近の拡大図である。

【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 入力導波路
- 3 入力側スラブ導波路
- 4 アレイ導波路
- 5 出力側スラブ導波路
- 6 出力導波路
- 7 テーパー導波路
- 8 モード安定化導波路
- 9 テーパー導波路
- 10 モード安定化導波路
- 11 直線導波路
- 12 集光ビーム
- 13 導波路内を伝搬する光の強度ピークの軌跡

[Figure 3] As for Figure 3 (a) as for graph and Figure 3 (b) which show transmittance spectrum of wavelength divider/coupler which is a first Working Example of this invention it is a graph which shows the transmittance spectrum of wavelength divider/coupler which is designed with Prior Art.

[Figure 4] It is, an expanded view of connector vicinity of array waveguide and output side slab waveguide in order to explain second Working Example of this invention.

[Figure 5] It is a graph which shows transmittance spectrum for output waveguide of one in wavelength divider/coupler which is designed with wavelength divider/coupler and Prior Art which is a second Working Example of this invention.

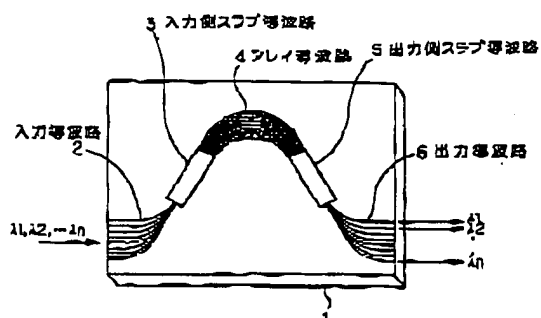
[Figure 6] It is an output side slab waveguide of wavelength divider/coupler which is designed with prior technology and an expanded view of connector vicinity of output waveguide.

[Explanation of Reference Signs in Drawings]

- 1 silicon substrate
- 2 input waveguide
- 3 input side slab waveguide
- 4 array waveguide
- 5 output side slab waveguide
- 6 output waveguide
- 7 taper waveguide
- 8 mode stabilization waveguide
- 9 taper waveguide
- 10 mode stabilization waveguide
- 11 straight line waveguide
- 12 light collection beam
- Inside 13 waveguide propagation is done trajectory of light intensity peak which

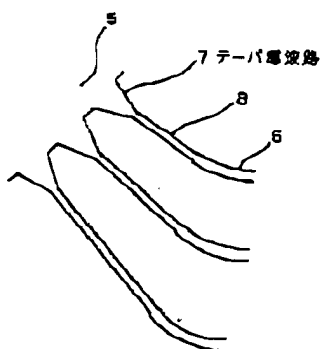
【図 1】

[Figure 1]



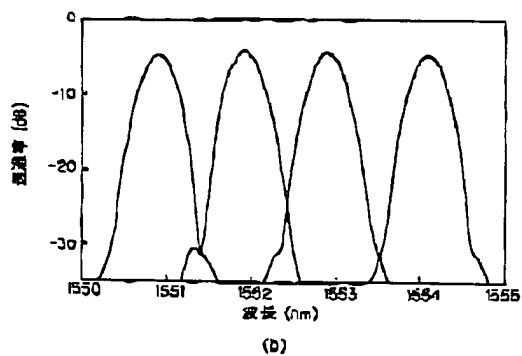
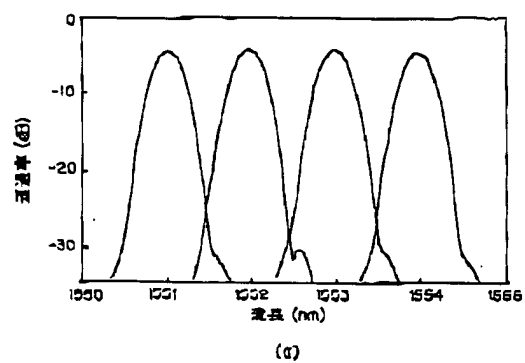
【図 2】

[Figure 2]



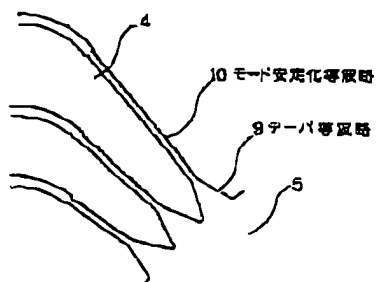
【図 3】

[Figure 3]



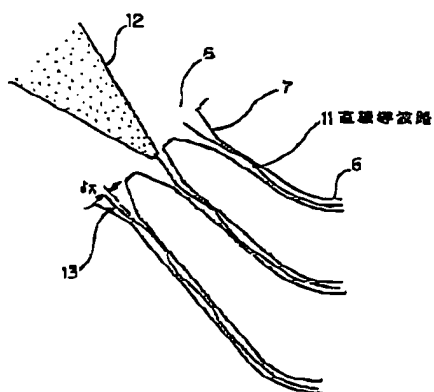
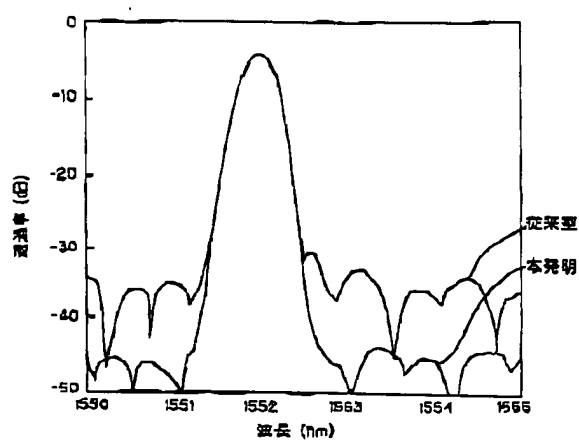
【図 4】

[Figure 4]



【図5】

[Figure 5]



【図6】

[Figure 6]